

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2001年9月20日 (20.09.2001)

PCT

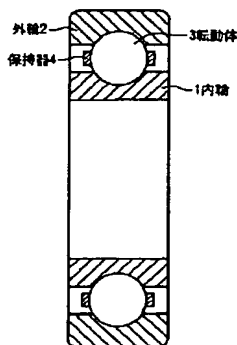
(10) 国際公開番号  
WO 01/69100 A1

- (51) 国際特許分類: F16C 33/62, 33/32, C23C 8/22 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本精工株式会社 (NSK LTD.) [JP/JP]; 〒141-8560 東京都品川区大崎1丁目6番3号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/02121 (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 田中 進 (TANAKA, Susumu) [JP/JP]; 伊藤裕之 (ITO, Hiroyuki) [JP/JP]; 〒251-8501 神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP).
- (22) 国際出願日: 2001年3月16日 (16.03.2001) (74) 代理人: 森 哲也, 外 (MORI, Tetsuya et al.) ; 〒101-0032 東京都千代田区岩本町二丁目3番3号 友泉岩本町ビル8階 日栄国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (81) 指定国 (国内): US.
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2000-76113 2000年3月17日 (17.03.2000) JP  
特願2000-187068 2000年6月22日 (22.06.2000) JP

[続葉有]

(54) Title: ROLLING SUPPORT DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

(54) 発明の名称: 転がり支持装置およびその製造方法



1...INNER RING  
2...OUTER RING  
3...ROLLING ELEMENT  
4...HOLDING ELEMENT

(57) Abstract: A rolling support device, wherein an inner ring (1) and an outer ring (2) are made of austenitic stainless steel, a track surface has a carburized hard layer thereon which has a Vickers hardness (Hv) of 650 or more, is substantially free of a carbide, and a rolling element (3) is made of  $\text{Si}_3\text{N}_4$ . The carburized hard layer is formed by subjecting the surface to a fluorination treatment and then to a carburization treatment at a temperature of  $540^\circ\text{C}$  or lower. The rolling support device is excellent both in durability and corrosion resistance.

(57) 要約:

耐久性及び耐食性の両特性が共に優れた転がり支持装置を提供する。  
内輪 (1) および外輪 (2) は、オーステナイト系ステンレス鋼からなり、軌道面に、ビッカース硬さ (Hv) 650 以上の実質的に炭化物を含まない浸炭硬化層を有する。この浸炭硬化層は、フッ化処理を行った後に、 $540^\circ\text{C}$  以下の温度で浸炭処理を行うことで形成する。転動体 (3) は  $\text{Si}_3\text{N}_4$  製とする。

WO 01/69100 A1

WO 01/69100 A1



(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

## 明 細 書

## 転がり支持装置およびその製造方法

## 5 技術分野

本発明は、転がり支持装置（転がり軸受、ボールねじ、およびリニアガイド等）に関し、特に高い耐食性が要求される用途、および高い耐食性と非磁性が要求される用途に好適な転がり支持装置に関する。

## 10 背景技術

従来より、転がり支持装置の軌道部材（転動軌道面を有する固定体および移動体）の材料としては、軸受鋼であれば S U J 2 が、肌焼鋼であれば S C R 4 2 0 や S C M 4 2 0 相当の鋼材等が使用されている。一般に、転がり支持装置は、高面圧下で繰り返しせん断応力を受けて用いられるため、せん断応力に耐えて転がり疲労寿命を確保するべく、軸受鋼は焼入・焼戻し、肌焼鋼は浸炭または浸炭窒化処理後に焼入・焼戻しが施されて H R C 5 8 ～ 6 4 の硬度とされている。

しかし、転がり支持装置の使用環境は多種多様である。例えば、液晶・半導体製造設備や食品機械等のように、腐食環境下で使用される機械装置類用の転がり支持装置の場合、材料に軸受鋼を用いたのでは早期に発錆して軸受寿命に至ることがある。そこで、このように耐食性が要求される場合の材料にはステンレス鋼が使用される場合が多い。

ステンレス鋼は、オーステナイト系、フェライト系、オーステナイト・フェライト 2 相系、マルテンサイト系、析出硬化系の 5 つに大別できる。転がり軸受では、転動体と外輪または内輪との接触部位において、摩耗と大きなせん断応力を受けるため、硬さが大きくて耐摩耗性に優れ

るマルテンサイト系ステンレス鋼が主として用いられている。中でも、最も高硬度なSUS440Cの使用実績が高い。しかし、SUS440Cに代表されるマルテンサイト系ステンレス鋼は、他のステンレスに比較して耐食性に劣り、必ずしも満足できるものではない。

- 5      一方、オーステナイト系、フェライト系などマルテンサイト系以外のステンレス鋼は耐食性には優れているが、転がり支持装置に要求される程度の十分な硬さがないため、十分な耐摩耗性や転がり寿命が得られていない。特に耐食性が求められる場合には、浸炭あるいは浸炭窒化処理した肌焼鋼に硬質Crめつきやフッ素を含む材料からなる被膜、あるい
- 10      はこれら以外の各種耐食被膜を施したものが使用されている。しかし、このような母相と不連続であるデポジット被膜では膜強度が不足して剝離しやすく、転がり支持装置として十分な耐久性が得られないという問題があった。

- 本発明は、このような従来技術の相反する諸問題を解決すべく開発されたものであり、耐食性及び耐久性の両特性が共に優れた転がり支持装置を提供することを第1の課題とする。
- 15

- 一方、液晶や半導体素子の製造設備、医療検査装置、リニアモーターカー等の磁場が問題となる装置では、駆動部が磁性材料で形成されていると、駆動時に周囲の磁場が乱されて装置性能が低下する場合がある。
- 20      そのため、このような装置に使用される転がり支持装置の構成部品としては、非磁性材料製のものを使用する必要がある。従来は、ベリリウム銅合金製やセラミックス製の構成部品が使用されていた。

- しかし、ベリリウム銅合金は酸化が起こり易く、この酸化物が有毒物質であるため、転がり支持装置の構成部品の材料としてベリリウム銅合金を使用することは、環境問題の点から好ましくない。また、ベリリウム銅合金製のものは、硬さがロックウェルC硬度(HRC)で40程度
- 25

と低いため、耐久性の点でも問題がある。また、転がり支持装置の構成部品の材料としてセラミックスを使用すると、コストが高いとともに大型化や薄型化が困難であるという問題がある。

5       そのため、近年では、 $Mn-Cr-V$ 系または $Mn-Cr-Ni-V$ 系等の析出硬化型オーステナイト系非磁性鋼が使用されるようになってきている。しかし、これらの鋼はマルテンサイト形ステンレス鋼よりも幾分耐食性には優れるが十分ではなく、また、硬さがHRCで45程度であるため、これらの鋼をそのまま用いても耐久性の問題は解決されない。

10       これらの鋼の表面硬さを向上させる方法としては、第1に、PVD法やCVD法により表面に硬質なセラミックス被膜を形成する方法が挙げられる。この方法では、セラミックス被膜が母材と不連続に形成されるため、高い接触応力を受けた際にこの被膜が母材から剥がれる恐れがある。したがって、この方法では、転がり支持装置の構成部品として十分な耐久性が得られない。

15       第2の方法としては、冷間加工を行って表面を加工硬化させる方法が挙げられる。この方法では、加工誘起による変態が生じてオーステナイトがマルテンサイト化するため、磁性を帯びるという問題がある。

20       第3の方法としては、浸炭または浸炭窒化等の熱処理法が挙げられるが、オーステナイト系非磁性鋼は一般的な軸受鋼と異なって浸炭され難い。また、この鋼は、マルテンサイト変態を利用した硬度の増大が期待できないため、例えば、表面層に炭化物または炭窒化物を大量に析出させて硬化させる必要がある。この場合には、炭素との親和性が高いCrが優先的に炭化物となって析出することによって、非磁性や耐食性が低下する恐れがある。

25       以上のように、従来の方法では、転がり支持装置の構成部品として、

非磁性材料からなり、且つ十分な耐久性および耐食性を有するものは得られていない。本発明の第2の課題は、非磁性であって、しかも耐久性および耐食性に優れた構成部品からなる転がり支持装置を提供することにある。

5

#### 発明の開示

本発明者らは、耐食性に優れるオーステナイト系ステンレス鋼を母材とし、その表面層に熱処理による表面改質を行ない、耐食性及び耐久性を飛躍的に高めることができないかについて検討した。オーステナイト系ステンレス鋼は、表面にCr酸化被膜（不働態被膜）を有しているため、浸炭が困難であることは良く知られており、ガス浸炭によってその表面層を改質することは容易ではない。

例えば、ステンレス鋼の表面改質法としては、イオン窒化あるいはプラズマ浸炭処理などが代表的であるが、これらは放電現象を利用するものであるため、量産性に欠けるだけでなく、複雑な形状をもつ製品に対して均一な処理層を形成させることが難しい。そのため、ガス反応を利用した表面改質処理法を採用することが好ましいが、オーステナイト系ステンレス鋼においてはガス反応を阻害する酸化被膜（上述のCr酸化被膜）が存在するために、従来の窒化や浸炭方法では均一な処理層を形成することができない。

そこで、本発明者らは、Cr酸化被膜を除去するために、窒化あるいは浸炭処理の前処理としてフッ化処理を行なうことにより、ガス反応による表面改質処理が可能であるかどうかについて検討した。

まず、窒化系のフッ化処理を行なう「N<sub>v</sub>窒化プロセス（大同ほくさん株式会社の商品名）」の採用可否を検討した。この処理は、窒化処理の前処理として、NF<sub>3</sub>（三フッ化窒素）等のフッ素ガスを用いて20

0～400℃程度でフッ化処理を行なうプロセスと、NH<sub>3</sub>ガスによる窒化処理を行なうプロセスとからなる。フッ化処理によって、窒化反応を阻害するCr酸化層が除去されて、表面層に非常に薄いフッ化層が形成されて表面が極めて活性化し、その後の窒化処理によって、安定的に均一な窒化層を形成させることが可能となる。

オーステナイト系ステンレス鋼の場合には、窒化層がオーステナイトから窒素化合物へと変化することによってHv1000以上の硬度が得られる。これに伴って摺動性が飛躍的に改善されるのであるが、その反面、オーステナイト系ステンレス鋼自体は非常に硬度が低い。そのためこの方法では、転がり支持装置が受ける大きな接触応力を、表面に形成された窒化層（非常に薄く、しかも脆い化合物からなる窒化層）だけでは支えきれず、十分な耐久性が得られない。また、母材の持つ耐食性や非磁性も損なわれるという問題がある。

次に、窒化系とは異なる浸炭系のプロセス、例えば、「バイオナイトプロセス（大同ほくさん株式会社の商品名）」が好適に利用できるか否かを検討した。この処理は、浸炭処理の前処理として、NF<sub>3</sub>（三フッ化窒素）等のフッ素ガスを用いて200～400℃程度でフッ化処理を行なう点で、前述のN<sub>v</sub>窒化プロセスと同様である。しかし、その後はNH<sub>3</sub>ガスによる窒化処理を行なうプロセスではなく、浸炭性ガスによる浸炭処理を行なう点が上記N<sub>v</sub>窒化プロセスとは異なっている。すなわち、フッ素ガスを用いてフッ化処理を行なうプロセスと、浸炭性ガスを用いて浸炭処理を行なうプロセスとからなっている。

この方法によれば、フッ化処理によって、浸炭反応を阻害するCr酸化層が除去されて、表面層に非常に薄いフッ化層が形成される。これにより表面が極めて活性化され、その後の浸炭処理によって、安定的に均一な浸炭硬化層を形成させることが可能となる。なお、浸炭処理は80

0℃以上の高温で行われるのが一般的であるのに対し、このパイオナイトプロセスにあっては、500℃程度の低温で浸炭処理する。

かくして、本発明者らは、オーステナイト系ステンレス鋼を用いて所望の形状に加工を施した後、フッ化処理することでCr酸化被膜からなる不働態膜を除去して表面を活性化し、しかる後、当該表面層に実質的に炭化物を含有しない浸炭硬化層を形成させることで、より耐食性、耐久性に優れる転がり支持装置を提供できることを見いだして、本発明をなすに至った。

すなわち、第1の課題を解決するために、本発明は、転動軌道面を有する固定体および移動体と、固定体の転動軌道面と移動体の転動軌道面との間に介装された転動体とを備え、転動体が転動軌道面を転がり移動することにより固定体に対する移動体の移動を許容する転がり支持装置において、前記固定体、移動体、および転動体の少なくとも一つは、オーステナイト系ステンレス鋼からなり、前記転動軌道面または転動体表面に、ビッカース硬さ(Hv)650以上の実質的に炭化物を含まない浸炭硬化層を有することを特徴とする転がり支持装置を提供する。

部材の表面に浸炭硬化層を形成する際に、浸透した炭素に起因して炭化物が生成すると、この炭化物が当該部材表面の耐食性を悪化させることになる。この炭化物生成を避けるために、前記浸透した炭素をオーステナイト結晶構造の隙間に固溶させることにより、実質的に炭化物を含有しない浸炭硬化層が形成される。

本発明の転がり支持装置によれば、この実質的に炭化物を含有しない浸炭硬化層を前記転動軌道面または転動体表面に有することで、良好な耐食性が得られる。

本発明の転がり支持装置において、前記浸炭硬化層の厚さは、転動体の直径の0.5%以上2.1%以下であることが好ましい。



本発明の転がり支持装置において、前記オーステナイト系ステンレス鋼の組成は下記の(1)式を満たすことが好ましい。

$$[\text{Cr}] + 3.3 \cdot [\text{Mo}] \geq 20.0 \dots (1)$$

5 式中、 $[\text{Cr}]$ はクロムの含有率(重量%)、 $[\text{Mo}]$ はモリブデンの含有率(重量%)を示す。

本発明の転がり支持装置において、前記オーステナイト系ステンレス鋼は、硫黄(S)の含有率が0.030重量%以下であることが好ましい。

本発明の転がり支持装置について以下に詳述する。

10 前記浸炭硬化層の形成は、540℃以下の処理温度で行うことが好ましい。すなわち、浸炭処理温度が600℃以上になると、炭素が鋼中のCrと結合してCr炭化物が生成し、このCr炭化物が浸炭硬化層に存在するようになるため、耐食性が低下するとともに、熱処理後の寸法変化が大きくなる。

15 これに対して、540℃以下の処理温度では、浸炭により浸透する炭素は、Crと結合し難く、オーステナイトの面心立方格子のすきまに単に固溶浸透して硬化する。その結果、実質的に炭化物を含まない靱性の高い表面硬化層(浸炭硬化層)が得られる。また、この処理温度が540℃以下であると寸法変化も小さい。

20 なお、処理時間が生産コストを大幅にアップさせるほど長くないようにしながら、前記浸炭硬化層が転動体の直径の0.5%以上の厚さで形成されるようにするためには、この処理温度を460℃以上とすることが好ましい。

25 本発明において、実質的に炭化物を含まない浸炭硬化層とは、浸炭した炭素に起因して形成されたことが明らかな炭化物の存在が、光学顕微鏡(倍率400～600倍)で確認できないものと定義する。したがっ

て、溶体化処理後に非常に僅かに残留するような程度の炭化物が含まれている浸炭硬化層は、「実質的に炭化物を含まない浸炭硬化層」の範疇に入る。

また、前記オーステナイト系ステンレス鋼における硫黄（S）の含有量が0.030重量%を超えると浸炭性が阻害される。且つ、耐食性の点でも有害である。

また、前記（1）式を満たす組成のオーステナイト系ステンレス鋼を使用することにより、耐食性及び耐孔食性が良好となる。すなわち、Cr、Moは、共に鋼の耐食性を向上させるに有効な元素であり、複合添加される場合に特に効果がある。Moの添加による耐孔食性向上効果はCrの3.3倍に相当する。

また、一般に、Cr、Moは、共に浸炭性を阻害する元素として知られているが、540℃以下の温度で浸炭する場合は、逆に浸炭性を高める元素として作用する。そのため、前記（1）式を満たすオーステナイト系ステンレス鋼を用いることによって、特に浸炭性が良好となり、硬化層深さおよび表面硬さが共に向上する傾向にある。

一方、本発明の転がり支持部材では、オーステナイト系ステンレス鋼としてMoを含むSUS316を使用することが好ましい。SUS316の場合、「 $[Cr] + 3.3 [Mo]$ 」の上限値は $Cr (19.0) + 3.3 \times Mo (2.75) = 28.1 (\%)$ である。同じくMoを含むSUS317の場合は、「 $[Cr] + 3.3 [Mo]$ 」の上限値は $Cr (20.0) + 3.3 \times Mo (4.0) = 33.2 (\%)$ となる。

したがって、本発明で使用するオーステナイト系ステンレス鋼の組成は、「 $20.0 \leq [Cr] + 3.3 [Mo] \leq 33.2$ 」を満たすことが好ましい。

なお、本発明の転がり支持部材では、 $[Mo] = 0$ であるオーステナ

イト系ステンレス鋼も使用可能である。

また、本発明において、前記浸炭硬化層の厚さを転動体の直径  $D_a$  の 0.5% 以上とすることが好ましい理由は以下の通りである。

前記浸炭硬化層の厚さ（表面からの深さ）が  $D_a$  の 0.5% より小さいと、転動体と固定体または移動体との接触面で高い接触応力を受けた際に母材の強度が不足する。その結果、塑性変形が起こり易くなって、十分な寿命が確保できない場合がある。浸炭硬化層の厚さが  $D_a$  の 0.5% 以上であると、耐摩耗性に加えて、表面強度の増加及び芯部の加工硬化などの影響から、耐久性が飛躍的に向上する。

浸炭硬化層の厚さの範囲については、軸受よりも軽荷重下で使用される場合があるので、上限は 2.1%  $D_a$  ( $D_a$  の 2.1%) とし、下限を 0.5%  $D_a$  とする（表 2 及び図 3 参照）。浸炭硬化層の厚さが 2.1%  $D_a$  を超えると浸炭処理時間を長くするかあるいは浸炭処理温度を上げるかのいずれかが必要であるが、処理時間を長くするとコストアップにつながり、処理温度を上げると耐食性の低下を招く。

一方、第 2 の課題を解決するためには、本発明の転がり支持部材において、少なくとも前記移動体を、下記の (2) 式で示される Ni 当量が 12.0 以上であるオーステナイト系ステンレス鋼からなるものとする必要がある。この構成の転がり支持部材を本発明の第 2 の転がり支持装置と称する。

$$\text{Ni 当量} = [\text{Ni}] + [\text{Co}] + 0.5 [\text{Mn}] + 0.3 [\text{Cu}] + 25 [\text{N}] + 30 [\text{C}] \cdots (2)$$

式中、 $[M]$  は成分 M の含有率（重量%）を示す。

前記移動体が、Ni 当量 12.0 未満であるオーステナイト系ステンレス鋼で形成されていると、転がり疲労によって表面下の最大剪断応力位置の付近で加工誘起によるマルテンサイト変態が生じて、この軌道部材の表面が磁性を帯びる恐れがある。

Ni 当量の上限については、転がり支持装置としての性能の点からは特に限定されないが、その他の点から適宜設定される。Ni 当量の上限としては、例えば流通性のよいオーステナイト系ステンレス鋼を使用するという点から、20.0とすることが実用的である。また、Ni は高価な元素であるためNi の含有量は17重量%以下とし、その他の元素を含有させることによってNi 当量を本発明の範囲とすることが好ましい。

なお、オーステナイト系ステンレス鋼は圧延後の状態でフェライト成分を僅かに含む場合がある。この状態は好ましくなく、フェライト成分の含有によって透磁率が劣化したり、浸炭の際にフェライト成分が浸炭ガスと反応し、生じた炭化物が耐食性を低下させることがある。そのため、溶体化処理されたオーステナイト系ステンレス鋼を使用することが好ましい。

また、前記浸炭硬化層の表面硬さをビッカース硬さ(Hv) 650以上として、その厚さを転動体の直径の0.5%以上とすることにより、耐摩耗性および耐荷重性が良好となって十分な耐久性が得られる。

実質的に炭化物を含まない浸炭硬化層は、例えば以下の方法で形成される。

まず、浸炭または浸炭窒化を行う前に、オーステナイト系ステンレス鋼の表面に形成されているCr 酸化被膜(不動態被膜)をフッ化処理によって除去する。このフッ化処理は、オーステナイト系ステンレス鋼で所定形状に形成された軌道部材を、例えば3フッ化窒素(NF<sub>3</sub>)の雰囲気下で200~400℃に加熱することで行う。これにより、オーステナイト系ステンレス鋼の表面は、この表面に存在するCr 酸化被膜がフッ化されて、浸炭または浸炭窒化され易い状態に活性化される。

次に、このフッ化処理された軌道部材に対して浸炭または浸炭窒化を

行う。この浸炭または浸炭窒化は540℃以下の温度で行うことが好ましい。その理由は前述の通りである。

5 浸炭処理としては、例えば、RXガスとCO<sub>2</sub>ガスの混合ガス雰囲気  
で、460～520℃に加熱保持することにより行う。または、アセチ  
レンあるいはエチレン等の不飽和炭化水素ガスを用いて、13.3Pa以  
下の真空あるいは減圧下で460～520℃に加熱保持することにより  
行う。

10 前者の浸炭方法では、鉄が酸化されて黒色のFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>からなる酸化  
層が形成されることにより、外観性能および耐食性が低下することがあ  
る。そのため、浸炭処理後に酸洗処理を行ってこの酸化層を除去するこ  
とが好ましい。後者の浸炭方法ではこのような酸化層がほとんど発生し  
ないため、後処理としてはソフトブラストを行うだけで特に問題は生じ  
ない。したがって、後者の浸炭方法を採用することが好ましい。

15 なお、これらの限定は、少なくとも移動体についてのものであり、そ  
の他の構成部品（固定体や転動体）についてはこれらの限定は適用され  
ず、材料として、SUJ2等の軸受鋼やマルテンサイト系ステンレス鋼  
等を用いてもよい。また、転動体としては、窒化珪素、ジルコニア、ア  
ルミナ、炭化珪素等のセラミックス製とすることが好ましい。これによ  
り、転動体と軌道部材との摩擦および摩耗が低減されるため、耐久性が  
20 より高くなる。

本発明は、また、外方部材と内方部材とが、その間に挿入された複数  
個の転動体の転動を介して相対移動するようにした転がり軸受その他の  
転動装置に係り、外方部材、内方部材及び転動体の少なくとも一つが、  
オーステナイト系ステンレス鋼からなり、且つその表面にHv650以  
25 上の浸炭硬化層を形成させたものであることを特徴とする転がり軸受そ  
の他の転動装置を提供する。

本発明にいう転動装置とは、外方部材と内方部材とが、その間に挿入された複数の転動体の転動を介して相対移動するようにした装置の総称であって、具体的には転がり軸受の他、例えばボールねじや直動案内装置等を包含する。ここで、外方部材とは、転がり軸受の外輪、ボールねじのナット、直動案内装置のベアリング（スライダ）等を指し、内方部材とは、転がり軸受の内輪、ボールねじのねじ軸、直動案内装置のガイドレール等を指すものとする。

#### 図面の簡単な説明

- 10 図 1 は、本発明の転がり軸受の一実施形態を示す縦断面図である。
- 図 2 は、第 1 実施形態の試験結果から得られた、比較例と実施例との内輪の X 線回析図である。
- 図 3 は、第 1 実施形態の試験結果から得られた、軌道輪の表面処理層厚さと軸受トルク寿命との関係を表す図である。
- 15 図 4 は、第 1 実施形態の試験結果から得られた、鋼中の Cr, Mo 含有量と孔食電位との関係を示す図である。
- 図 5 は、第 2 実施形態の試験結果から得られた、内輪および外輪の硬化層厚さの転動体直径 ( $D_a$ ) に対する比と、トルク寿命との関係を示すグラフである。
- 20 図 6 は、第 2 実施形態の試験結果から得られた、内輪および外輪で使用了鋼の Ni 当量と、トルク寿命試験による透磁率の劣化量との関係を示すグラフである。

#### 発明を実施するための最良の形態

##### 25 [第 1 実施形態]

以下、本発明の転動装置の実施の形態を図面を参照して説明する。

図1は、本発明の一実施形態である転がり軸受の断面図である。この転がり軸受は、複数の転動体（ボール）3と、それよりも内方に位置する内輪（固定体または移動体）1と、それよりも外方に位置する外輪（固定体または移動体）2とからなり、転動体3は、内輪1と外輪2との間に保持されながら、転がり案内される。このとき、内輪1及び外輪2には、転動体3を案内するための転動溝（転動軌道面）が設けられており、転動体3は、前記転動溝において保持器4によって等配に保持されている。

この実施形態の全ての実施例および比較例では、図1の構造を有する転がり軸受として玉軸受695（JIS呼び番号）を組み立てて、軸受の静粛性及び各種耐久性の評価試験を行った。なお、実施例および比較例の軸受に組み込まれる転動体としては、SUS440C製またはSi、N、製の転動体を使用し、保持器としてはフッ素樹脂製の保持器を使用した。

内方部材である内輪1、外方部材である外輪2、及び転動体3を構成する母材としては、オーステナイト系ステンレス鋼が使用される。具体的には、SUS304、SUS316、SUS317等が挙げられる。好ましくはこれらの鋼を固溶化熱処理したものを使用する。

また、一般に、オーステナイト系ステンレス鋼は切削性が良くないため、SやSe、Te、Pb等の快削元素を含むものが多く、フェライト系ステンレス鋼であればSUS430F、オーステナイト系ステンレス鋼であればSUS303やSUS303Se等が例示できる。

これらのうち特にSは、浸炭性を阻害する作用を有し、耐食性の点でも有害であるから、その含有量を0.03%以下に限定する。また、含有するCr量とMo量との関係を、 $Cr\% + 3.3Mo\% \geq 20.0$ （%）を満足するようにすると、特に高い耐食性と表面硬度が得られるた

め好ましい。

これらの素材を所定の形状に加工した後、最終的に表面層に表面硬化処理が施される。本発明におけるオーステナイト系ステンレス鋼の表面改質法として、例えば先に述べた、バイオナイトプロセスが好適に利用できる。浸炭処理の前処理として行うこの処理は、①NF<sub>3</sub>等のフッ素ガスを用いて200～400℃程度でフッ化処理を行なうプロセスと、②浸炭性ガスによる浸炭処理を行なうプロセスとからなる。①のフッ化処理により、浸炭反応を阻害するCr酸化層が除去されて表面層に非常に薄いフッ化層が形成され、表面が極めて活性化する。そのため②の浸炭処理で安定した均一な浸炭硬化層を形成させることができる。

この場合の浸炭処理温度は500℃程度の低温である。浸炭処理温度が600℃以上になると、炭素が鋼中のCrと結合してCr炭化物となって耐食性が低下すると共に、熱処理後の寸法変化が大きくなるから、540℃以下とするのが好ましい。540℃以下であると、浸炭により浸透する炭素がCrと結合しにくく、オーステナイトの面心立方格子のすきまに単に固溶浸透して硬化するため、実質炭化物の存在しない靱性の高い表面硬化層が得られ、寸法変化も極めて小さい。好ましくはその表面硬さをHRC60（HV697）以上、さらに好ましくはHRC62（HV746）以上とする。

なお、浸炭性ガスには、CO、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>等の混合ガスが使用される。本処理を行った後は、最表面層はCO<sub>2</sub>ガスによるFeの酸化が起こり、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>からなる黒色の酸化層を形成し、耐食性が低下する。したがって、浸炭処理後には酸洗処理を行ない、当該黒色酸化層を除去することが好ましい。酸洗処理に用いる処理液は特に限定されるものではなく、フッ酸、硝酸、塩酸、硫酸あるいはこれらの混合液などを用いることができる。



また、浸炭性ガスとしてアセチレンあるいはエチレン等の不飽和炭化水素ガスを用いて、 $1.33 \times 10^{-2}$  Pa以下の真空あるいは減圧下で浸炭処理を行なうと、耐食性に有害な黒色酸化層の形成が抑制でき、且つ、浸炭時に特に問題となるスケーリングによる浸炭むら等も防止できるためより好ましい。

また、母材となるオーステナイト系ステンレス鋼は固溶化熱処理を施されていることが好ましい。これは、鋼中に残存するフェライトが、浸炭時に浸炭性ガスと反応して炭化物となり耐食性を劣化させるのを防止するためである。

また、完成品表面における浸炭硬化層の厚さが小さいと、十分な耐久性が得られないため、転動体直径 ( $D_a$ ) の少なくとも0.5%以上の厚さに浸炭層を形成させる。

なお、転動体は、内輪1と外輪2とに保持され、さらにグリースや潤滑材等により保護されているため、耐食的に問題となるような場合は少ない。よって、マルテンサイト系ステンレス鋼であってもよいのであるが、転動体をセラミックスにすると凝着しにくくて摩耗を抑制できるためより好ましい。

続いて、本実施の形態の転がり軸受について実施した耐久試験の説明をする。

耐久性評価は、実施例と比較例ともJIS呼び番号が608である玉軸受を使用して行なった。この玉軸受には、SUS440C及びSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>製の転動体とフッ素樹脂保持器を組み込んだ。

まず、表1に記載した5種類の材料(A-1～A-5)を用いて、旋削加工及び研削加工により内輪及び外輪を所望の形状に加工した。

その後、以下の条件で種々の熱処理を施した。

熱処理条件A：

260～350℃で20～30分、窒素に10%の三フッ化窒素を混合させたガス中に加熱保持した後、460～520℃×30hr浸炭ガス中(RX+CO<sub>2</sub>混合ガス雰囲気)に加熱保持した。

熱処理条件B:

- 5      260～350℃で20～30分、窒素に10%の三フッ化窒素を混合させたガス中に加熱保持した後、460～520℃×30hrアセチレンガスを混入しつつ、39.9Paの真空減圧下に加熱保持した。

熱処理条件C:

- 10      300～380℃で20～30分、窒素に10%の三フッ化窒素を混合させたガス中に加熱保持した後、400～450℃×48hrアンモニアと窒素との混合ガス中に加熱保持した。

- 15      また、熱処理条件A及びBに関しては、フッ酸と硝酸の混合溶液に15～20分浸漬した後、ソフトブラスト処理を施した。熱処理条件Cに関しては、上記酸洗処理を施すと著しい母材の溶出が認められたため、特にその後の処理は施さなかった。

なお、その他比較例として、内外輪が表面硬化処理を施していない通常のオーステナイト系ステンレス鋼の場合、およびマルテンサイト系ステンレス鋼であるSUS440Cの場合についても評価を行なった。

- 20      評価は、真空下におけるトルク寿命試験及び塩水噴霧、孔食電位測定により行なった。

- 25      トルク寿命試験は、 $1.3 \times 10^{-6}$  Paの真空中で、回転数1000rpm、アキシアル荷重19.6Nで回転試験を行ない、トルクが初期トルクの2倍に達した時点を寿命として評価した。また、塩水噴霧試験は、軸受の内輪をJIS Z 2371に準拠して塩水噴霧試験を1週間実施し、全く発錆しなかったものを◎、軽微な発錆が認められたものを○、明らかな発錆が認められたものを△、ほぼ全面に著しい発錆が認

められたものを×で記載した。

また、軸受に用いた鋼材から、径 18 mm×長さ 5 mm の試験片を切り出し、同様の熱処理を施したものに対して、JIS G 0577 に準拠して孔食電位測定を行なった。

5 評価結果を表 2 に示した。

なお、表 2 中の孔食電位値は、比較例 C-2 の SUS 304 の孔食電位を 1 とした場合の比で示した。すなわち、この値が大きいものほど耐食性に優れていることを示す。

10 また、表 2 中の表面硬さは、軸受軌道輪の端面を軽く鏡面仕上げした後、ビッカース硬度計により荷重 100 g で測定した値を記載した。また、処理層深さは、軸受軌道輪を切断した後、熱可塑性樹脂に包埋し、鏡面仕上げした断面にマープル試薬によりエッチングを行ない、明瞭に観察される処理層厚さを顕微鏡で測定した値を記載した。

15 表 2 に示される結果から、本発明の実施例は、トルク寿命、耐食性において比較例より優れていることが確認できる。これに対して、比較例である C-1 ~ C-4 は従来のオーステナイト系ステンレス鋼の場合の例であるが、表面硬さ、耐摩耗性が不十分であるため十分な耐久性が得られない。

20 また、比較例 C-5 は、内外輪の材料が本発明よりも S を多く含む SUS 303 の場合の例であるが、S が浸炭性を阻害するため表面硬さ、処理層深さにおいて本発明よりも劣り、耐久性において本発明よりも劣っている。また、比較例 C-6 は、SUS 304 未固溶化熱処理品を浸炭処理した場合の例であるが、鋼中に残存するフェライトが浸炭性ガスと反応して炭化物となって析出するため、本発明に比較して耐食性が劣る。  
25 っている。

図 2 には、比較例 C-6 と実施例 B-6 の内輪を X 線回折を行なった

結果を示す。比較例C-6にはフェライトと炭化物とのピークがそれぞれ観察されるのに対して、実施例では炭化物のピークはほとんど観察されない。

5       また、比較例C-7、C-8は処理層深さが転動体径 $D_a$ の0.5%に満たない場合の例であるが、応力体積における処理層厚さが小さく、本発明に比較して耐久性に劣っている。

10       また、比較例C-9は、窒化処理した場合の例であるが、窒化処理した場合には表面層に硬くて脆い化合物層が形成されるため、芯部に十分な硬度を有していないと高い接触応力を受けた際に窒化層が損傷しやすく、本発明例よりも耐久性が劣る結果となった。また、耐食性においても、本実施例に比較して劣っている。また、比較例C-10は、従来のSUS440Cの軸受の場合の例であるが、耐食性が本実施例に比較すると著しく劣っている。

15       また、実施例において、浸炭性ガスにRXガスを用いるより、アセチレン等の不飽和系炭化水素ガスを用いて真空あるいは減圧下で浸炭処理を行なった方が、軌道輪のより安定した表面品質が得られ、スーティングによる浸炭むらもないため、信頼性の点でもより好ましい。さらに、表面層に黒色の酸化層が形成されるのも抑制できるため、その後の酸洗処理あるいはブラスト処理後の表面がより清浄である。

20       図3には、内外輪の表面処理層厚さとトルク寿命との関係を示した。この図3より、処理層厚さが転動体径 $D_a$ の0.5%以上の場合に、良好な耐久性が得られる傾向にあることがわかる。また、図4には、鋼中のCr、Mo含有量と孔食電位との関係を示した。この図4より、 $Cr + 3.3Mo\%$ の値が20%以上の場合に、特に良好な耐食性が得られていることがわかる。

25       なお、上記の実施の形態は、転動装置が転がり軸受である場合につい

て述べたが、ボールねじや直動案内装置等を包含するその他の転動装置にも、本発明を同様に適用できる。

〔第2実施形態〕

5 J I S呼び番号608の玉軸受を次のようにして作製した。この玉軸受は、図1に示すように、内輪（固定体または移動体）1、外輪（固定体または移動体）2、玉（転動体）3および保持器4で構成される。

10 内輪および外輪については、先ず、下記の表3に示す各鉄鋼材料からなる素材を旋盤で切削することにより、所定形状に加工した。鉄鋼材料としては、オーステナイト系ステンレス鋼（SUS316、SUS316L、SUS316J1、SUS317、SUS317J1、SUS303、SUS304）と、Mn-Cr-Ni-V系の析出硬化型オーステナイト系非磁性鋼（日立金属（株）製「YHD50」）であって、溶体化処理されたものを用意した。

15 次に、オーステナイト系ステンレス鋼からなる内輪および外輪については、研削仕上げ加工をした後、以下の条件でフッ化処理を施した。フッ化処理条件は、温度：260～350℃、雰囲気ガス：窒素（N<sub>2</sub>）と3フッ化窒素（NF<sub>3</sub>）との混合ガス（NF<sub>3</sub> 10%含有）、処理時間：20～30分である。次に、以下の条件で浸炭処理を行った。浸炭処理条件は、温度：460～520℃、浸炭ガス：アセチレンガス、処理時間：12～60時間、雰囲気圧力：39.9Paの真空減圧下である。次に、ソフトブラスト処理による表面仕上げを行った。

「YHD50」からなる内輪および外輪については、680～720℃で4～5時間時効処理を行った後、研削仕上げ加工を行った。

25 以上の方法で得られた内輪および外輪について、表面硬さと浸炭硬化層の厚さを測定した。表面硬さは、内輪の端面（軸方向の一端面）を研磨して鏡面とし、この鏡面に対して荷重50gでピッカース硬さ試験を

行った。浸炭硬化層の厚さは以下の方法で測定した。

5   まず、内輪から切り出したサンプルを樹脂に埋め込んだ状態で鏡面研磨することにより、サンプルの断面を露出させた。次に、この断面をマ  
ーブル試薬でエッチングした後、このエッチングされた断面を顕微鏡で  
観察し、白く見える部分の厚さを測定した。この測定値を転動体の直径  
で割り算をすることにより、転動体の直径に対する浸炭硬化層の厚さの  
比率(%)を算出した。これらの結果も下記の表3に併せて示す。

10   これらの内輪および外輪と、Si、N<sub>4</sub>製の転動体と、フッ素樹脂製の保持器を用いて、実施例1～6と比較例1～4の各転がり軸受を組み  
立てた。なお、内輪と外輪は、同じ材料で同じ処理を施したものを組み  
合わせて用いた。

  このようにして作製された各転がり軸受について、真空下でのトルク  
寿命試験と、透磁率測定と、耐食性試験を行った。

15   トルク寿命試験の試験条件は、アキシヤル荷重：19.6 N、回転速  
度：1000 rpm、温度：25℃、真空度： $1.3 \times 10^{-6}$  Paとし  
た。トルク検出値が初期値の2倍となったときの回転数を「トルク寿命  
」として測定した。ただし、回転数が $10 \times 10^6$ 回以上となってもト  
ルク検出が初期値の2倍に達しない場合は、回転試験を中止して、回転  
寿命を $10 \times 10^6$ 回以上と判定した。

20   透磁率の測定は、振動試型磁力計を用いてトルク寿命試験の前後に行  
い、トルク寿命試験による透磁率の劣化量を算出した。耐食性試験とし  
ては、「JIS Z 2371」に準拠して塩水噴霧試験を1週間実施  
した。塩水噴霧試験の結果は、この試験後に錆の発生が全くなかった場  
合を「○」、僅かな錆が認められた場合を「△」、錆の発生が著しく認  
められた場合を「×」として評価した。

25   これらの試験結果も下記の表3に併せて示す。また、これらの結果か

ら得られた「硬化層厚さの転動体直径 ( $D_a$ ) に対する比とトルク寿命との関係」を図 5 に、「使用した鋼の Ni 当量とトルク寿命試験による透磁率の劣化量との関係」を図 6 に、それぞれグラフで示す。

表 3 から分かるように、内輪および外輪が本願発明の請求項 2 の全ての構成要件を満たす実施例 1 ~ 6 の転がり軸受は、トルク寿命、非透磁率、耐食性の全てが良好であった。すなわち、トルク寿命が長く、試験前の透磁率が小さく、透磁率の劣化量が小さく、塩水噴霧試験結果が「○」であった。これに対して、前記構成要件のいずれか 1 つ以上を満たさない比較例 1 ~ 4 の転がり軸受は、トルク寿命、非磁性、耐食性の少なくともいずれかの点が良好ではなかった。

比較例 1 は、Ni 当量が 12.0 未満であるため、試験前の透磁率および透磁率の劣化量が比較的大きくなり、非磁性の点で劣っていた。また、表面硬さが Hv 602 と小さく、硬化層厚さの転動体直径 ( $D_a$ ) に対する比も 0.5 未満であったため、トルク寿命および耐食性の点でも劣っていた。

比較例 2 は、Ni 当量が 12.0 未満であるため、試験前の透磁率および透磁率の劣化量が比較的大きくなり、非磁性の点で劣っていた。比較例 3 は、硬化層厚さの転動体直径 ( $D_a$ ) に対する比が 0.5 未満であったため、トルク寿命の点で劣っていた。また、比較例 4 は、表面硬さが Hv 446 と小さいことから、トルク寿命および耐食性の点で劣っていた。

また、図 5 のグラフから、硬化層厚さの転動体直径 ( $D_a$ ) に対する比が 0.5 以上であるとトルク寿命が良好となることが分かる。図 6 のグラフから、使用する鋼の Ni 当量が 12.0 以上であると、トルク寿命試験による透磁率の劣化量が小さくなることが分かる。すなわち、内輪および外輪に使用する鋼の Ni 当量を 12.0 以上とすることによっ

て、転がり疲労を受けても非磁性が良好に保持されることが分かる。

以上の結果から、本発明の第2の転がり支持装置に相当する転がり軸受は、非磁性であって、しかも耐久性および耐食性に優れたものであることが分かる。

- 5       なお、この実施形態では、転動体が玉である玉軸受について説明しているが、本発明は、転動体が円筒形である円筒ころ軸受や、転動体が円錐形である円錐ころ軸受にも適用される。転動体が円筒形である場合には、円筒の断面円の直径を転動体の直径とする。転動体が円錐形である場合には、円錐の断面円の最大直径と最小直径との平均値を転動体の直径とする。
- 10

- また、この実施形態では、転がり支持装置として転がり軸受を例にとって説明しているが、本発明は、転がり軸受以外の転がり支持装置（例えば、ボールねじやリニアガイド）にも適用できる。ボールねじでは、ねじ軸が固定体であって、ナットが移動体である。リニアガイドでは、案内レールおよびスライダの一方が固定体であって、他方が移動体である。
- 15



[表 1]

記号	Cr %	Mo %	S %	Cr+3.3Mo %	備 考
A-1	17.94	—	0.17	17.94	SUS303固溶化熱処理品
A-2	18.76	—	0.026	18.76	SUS304未固溶化熱処理品
A-3	18.87	—	0.025	18.87	SUS304固溶化熱処理品
A-4	16.87	2.1	0.024	23.80	SUS316固溶化熱処理品
A-5	17.12	2.6	0.025	25.70	SUS316固溶化熱処理品

[表 2]

実施例 ／比較例	転動体	材料記号 (内外輪)	熱処理	表面硬さ (Hv)	処理層深さ Da比	トルク寿命 ×10 <sup>6</sup> cycles	耐食性	
							塩水噴霧試験	孔食電位
実施例 B-1	SUS440C	A-3	条件 A	678	0.6	3.8	○	1.0
実施例 B-2	SUS440C	A-4	条件 A	812	1.4	5.4	◎	1.6
実施例 B-3	SUS440C	A-5	条件 A	835	1.6	6.1	◎	1.8
実施例 B-4	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	A-3	条件 A	678	0.6	8.4	○	1.0
実施例 B-5	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	A-4	条件 A	812	1.4	10.0	◎	1.6
実施例 B-6	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	A-5	条件 A	835	1.6	10.0	◎	1.8
実施例 B-7	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	A-3	条件 B	813	1.1	10.0	○	1.1
実施例 B-8	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	A-4	条件 B	866	1.9	10.0	◎	1.7
実施例 B-9	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	A-5	条件 B	903	2.1	10.0	◎	1.9
比較例 C-1	SUS440C	A-1	なし	196	—	0.1	△	0.5
比較例 C-2	SUS440C	A-3	なし	191	—	0.1	○	1.0
比較例 C-3	SUS440C	A-4	なし	194	—	0.1	◎	1.0
比較例 C-4	SUS440C	A-5	なし	201	—	0.1	◎	1.6
比較例 C-5	SUS440C	A-1	条件 A	587	0.3	0.6	△	1.8
比較例 C-6	SUS440C	A-2	条件 A	662	0.6	3.1	△	0.6
比較例 C-7	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	A-1	条件 B	672	0.4	1.8	△	0.7
比較例 C-8	SUS440C	A-1	条件 B	672	0.4	0.7	△	0.7
比較例 C-9	SUS440C	A-3	条件 C	1189	1.0	2.2	△	0.5
比較例 C-10	SUS440C	SUS440C	—	697	—	4.7	×	-0.95

[表 3]

	内輪・外輪				トルク寿命 (回)	透磁率 ( $\mu$ )		塩水 噴霧 試験 結果
	材料の 鋼種	材料の Ni当量	表面硬さ (Hv)	硬化層厚さ の比(%)		試験前	劣化量	
実施例 1	SUS316	12.8	785	0.6	$8.8 \times 10^6$	1.007	0.009	○
実施例 2	SUS316	12.8	798	1.3	$10.0 \times 10^6$	1.006	0.008	○
実施例 3	SUS316L	14.6	835	1.4	$10.0 \times 10^6$	1.006	$\leq 0.004$	○
実施例 4	SUS316J1	15.2	824	1.6	$10.0 \times 10^6$	1.005	$\leq 0.004$	○
実施例 5	SUS317	15.8	889	1.7	$10.0 \times 10^6$	1.006	$\leq 0.004$	○
実施例 6	SUS317J1	17.6	907	1.7	$10.0 \times 10^6$	1.004	$\leq 0.004$	○
比較例 1	SUS303	10.8	602	0.4	$1.6 \times 10^6$	1.035	0.057	×
比較例 2	SUS304	11.3	765	0.6	$8.1 \times 10^6$	1.021	0.043	△
比較例 3	SUS316	12.8	745	0.4	$2.4 \times 10^6$	1.006	0.008	○
比較例 4	YHD50	27.8	446	硬化層なし	$1.2 \times 10^6$	1.008	$\leq 0.004$	×

### 産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明によれば、耐久性及び耐食性の両特性が共に優れた転がり支持装置と、非磁性であってしかも耐久性および耐食性に優れた転がり支持装置が提供される。

## 請 求 の 範 囲

1. 転動軌道面を有する固定体および移動体と、固定体の転動軌道面と移動体の転動軌道面との間に介装された転動体とを備え、転動体が転動軌道面を転がり移動することにより固定体に対する移動体の移動を許容する転がり支持装置において、

前記固定体、移動体、および転動体の少なくとも一つは、オーステナイト系ステンレス鋼からなり、前記転動軌道面または転動体表面に、ビッカース硬さ（HV）650以上の実質的に炭化物を含まない浸炭硬化層を有することを特徴とする転がり支持装置。

2. 前記浸炭硬化層の厚さは、転動体の直径の0.5%以上2.1%以下であることを特徴とする請求項1記載の転がり支持装置。

3. 前記オーステナイト系ステンレス鋼の組成は下記の（1）式を満たすことを特徴とする請求項1または2記載の転がり支持装置。

$$[Cr] + 3.3 [Mo] \geq 20.0 \dots (1)$$

式中、[Cr]はクロムの含有率（重量%）、[Mo]はモリブデンの含有率（重量%）を示す。

4. 前記オーステナイト系ステンレス鋼は、硫黄（S）の含有率が0.030重量%以下であることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の転がり支持装置。

5. 少なくとも移動体は、下記の（2）式で示されるNi当量が12.0以上であるオーステナイト系ステンレス鋼からなることを特徴とする請求項1または2記載の転がり支持装置。

$$Ni \text{ 当量} = [Ni] + [Co] + 0.5 [Mn] + 0.3 [Cu] + 25 [N] + 30 [C] \dots (2)$$

式中、[M]は成分Mの含有率（重量%）を示す。

6. 転動体はセラミックスからなる請求項1乃至5のいずれか1項に記

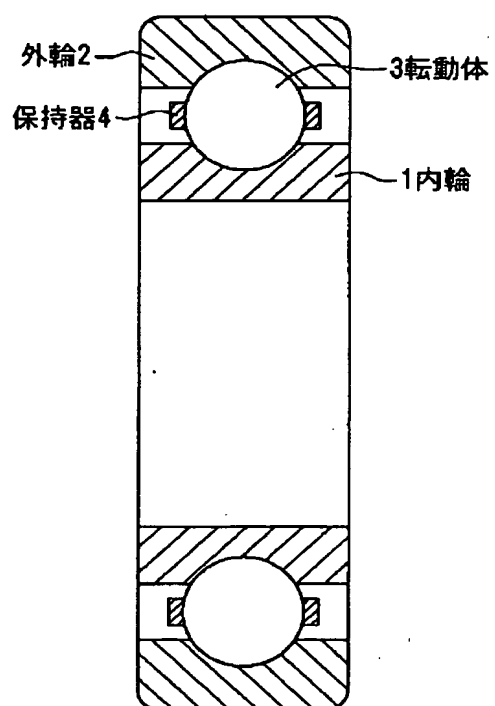
載の転がり支持装置。

7. 請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の転がり支持装置の製造方法において、

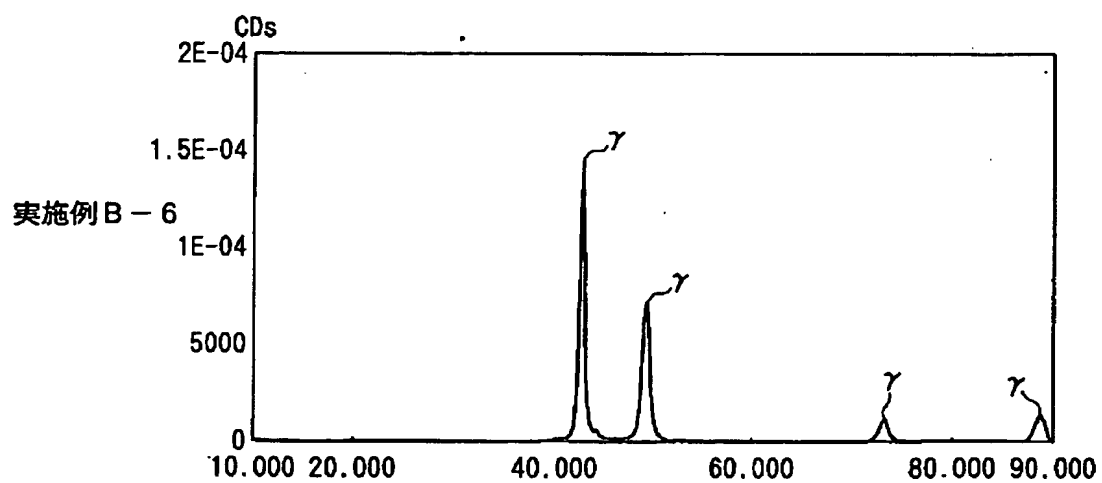
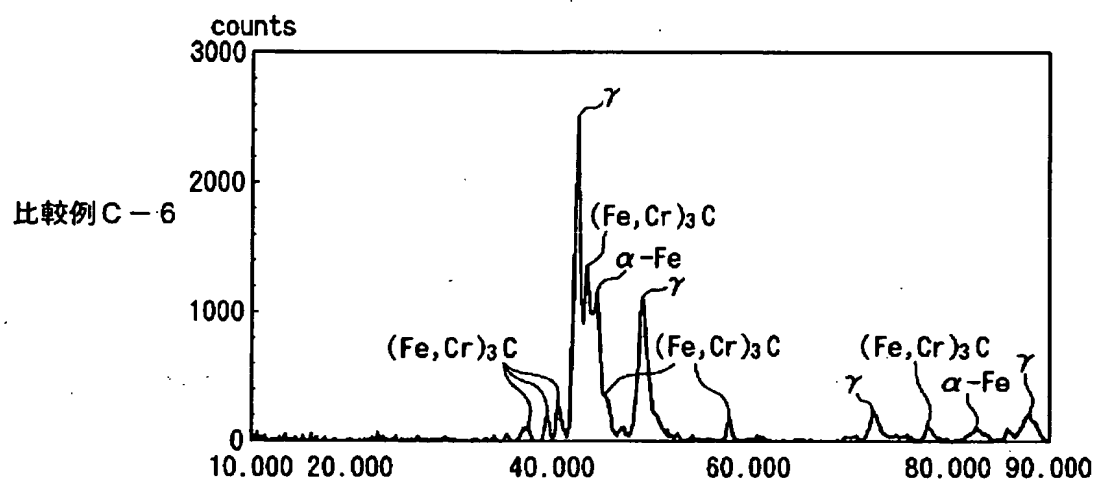
5 前記浸炭硬化層は、オーステナイト系ステンレス鋼からなる部材に対して、フッ化物ガス中で 200 ～ 400℃ に加熱するフッ化処理を行った後、540℃ 以下の温度で浸炭処理を行って形成することを特徴とする転がり支持装置の製造方法。

8. 前記浸炭処理は不飽和炭化水素ガスを用いて減圧下で行うことを特徴とする請求項 7 記載の製造方法。

第1図

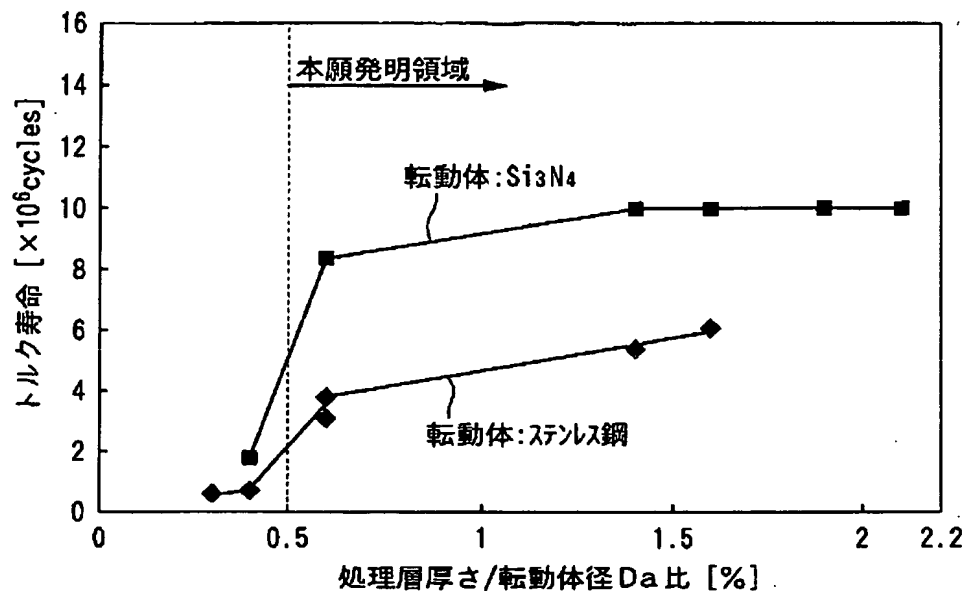


## 第 2 図

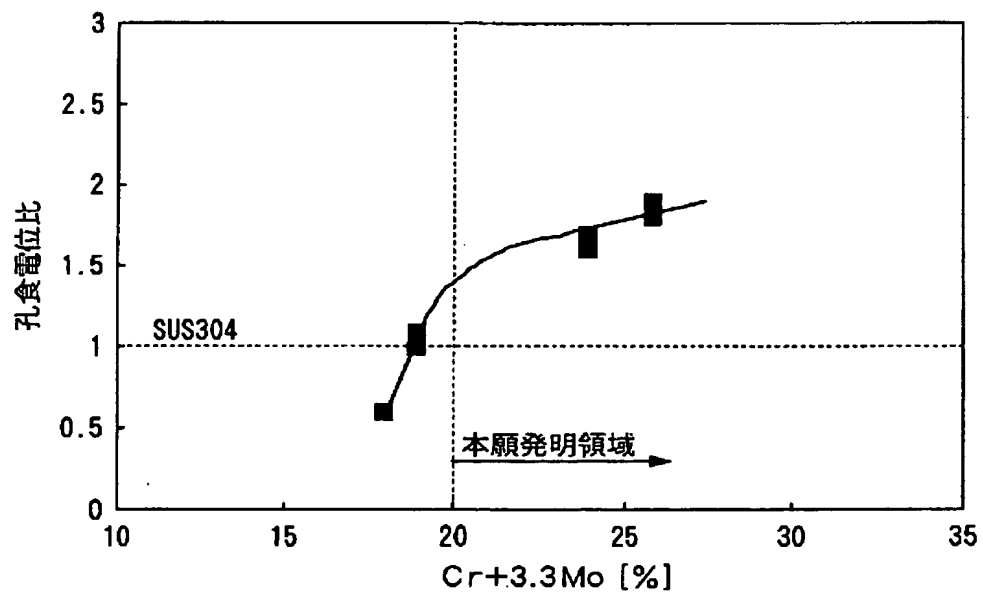




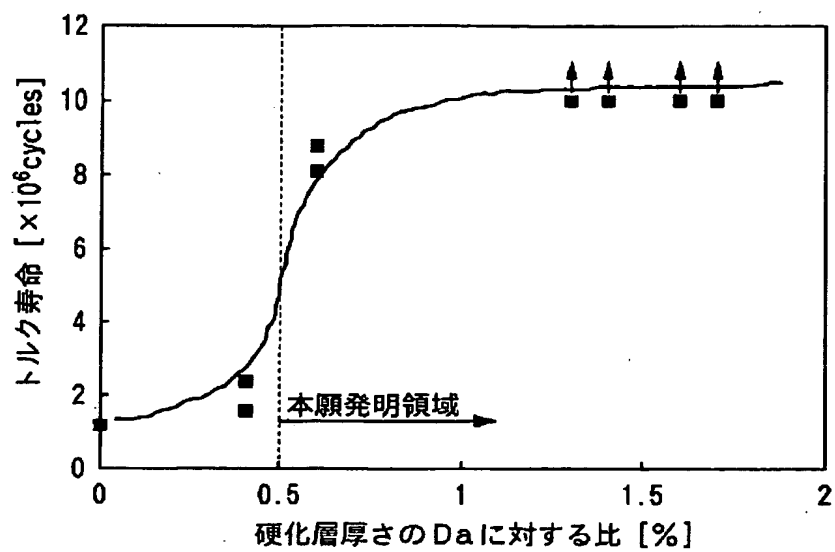
第3図



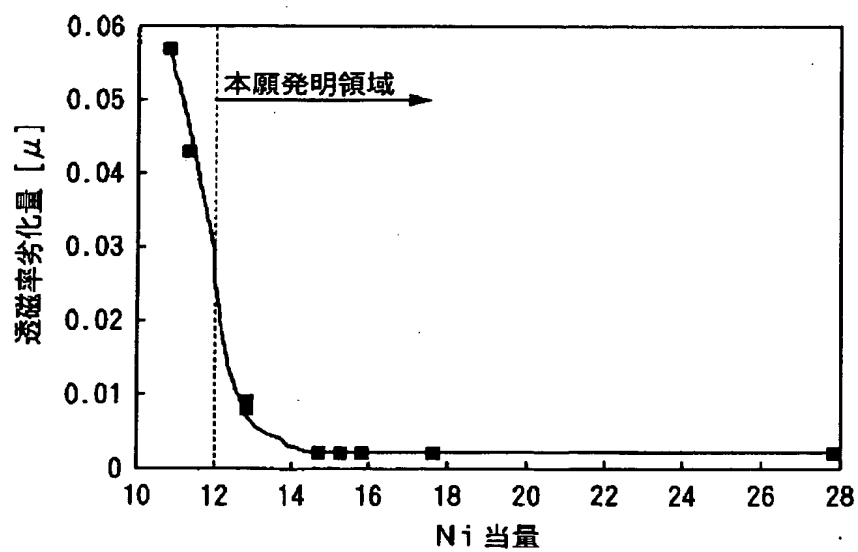
第4図



第5図



第6図



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/02121

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> F16C33/62, F16C33/32, C23C8/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> F16C33/00-66, C23C8/22

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2001	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 9-249959, A (Daido Hoxan Inc.),	1-4, 7
Y	22 September, 1997 (22.09.97) (Family: none)	6, 8
A		5
X	JP, 9-302456, A (Daido Hoxan Inc.),	1-4, 7
Y	25 November, 1997 (25.11.97) (Family: none)	6, 8
A		5
Y	GB, 2324305, A (NSK Ltd.), 21 October, 1998 (21.10.98), page 84, "ceramic balls" & US, 6086686, A1 & JP, 11-303874, A	6
Y	EP, 818555, A (JH Corporation), 14 January, 1998 (14.01.98), page 4, column 5, "ethylene gas (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) or acetylene gas (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )", & WO, 96/030556, A1 & CA, 2215897, A & JP, 8-325701, A & US, 5702540, A1 & CN, 1184510, A	8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not

considered to be of particular relevance

"B" earlier document but published on or after the international filing

date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is

cited to establish the publication date of another citation or other

special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other

means

"P" document published prior to the international filing date but later

than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or

priority date and not in conflict with the application but cited to

understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be

considered novel or cannot be considered to involve an inventive

step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be

considered to involve an inventive step when the document is

combined with one or more other such documents, such

combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
12 June, 2001 (12.06.01)Date of mailing of the international search report  
26 June, 2001 (26.06.01)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/02121

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	US, 5292200, A (NSK Ltd.), 08 March, 1994 (08.03.94), & JP, 5-078782, A	<sup>4</sup> 1-3, 5-8

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. C1' F16C33/62、F16C33/32、C23C8/22

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. C1' F16C33/00-66、C23C8/22

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2001年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2001年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2001年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y A	J P, 9-249959, A (大同ほくさん株式会社), 22.9月.1997 (22.09.97) (ファミリーなし)	1-4,7 6,8 5
X Y A	J P, 9-302456, A (大同ほくさん株式会社), 25.11月.1997 (25.11.97) (ファミリーなし)	1-4,7 6,8 5
Y	GB, 2324305, A (NSK Ltd.), 21.10月.1998 (21.10.98) 第84頁「ceramic balls」 &US, 6086686, A1&JP, 11-303874, A	6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12.06.01

国際調査報告の発送日

26.06.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

藤原 直欣



3W 8919

電話番号 03-3581-1101 内線 3366

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	EP, 818555, A (J H Corpporation) , 14.1月.1998 (14.01.98) 第4頁第5欄「ethylene gas(C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) or acetylene gas(C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )」 & WO, 96/030556, A1 & CA, 2215897, A & JP, 8-325701, A & US, 5702540, A1 & CN, 1184510, A	8
Y A	US, 5292200, A (NSK Ltd.) , 8.3月.1994 (08.03.94) & JP, 5-078782, A	4 1-3, 5-8